

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05143106
PUBLICATION DATE : 11-06-93

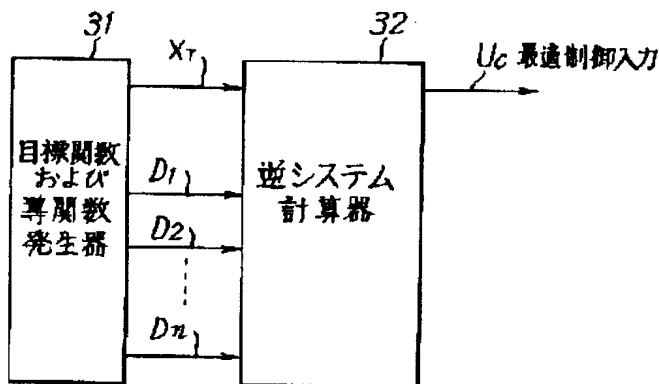
APPLICATION DATE : 19-11-91
APPLICATION NUMBER : 03329925

APPLICANT : NIKON CORP;

INVENTOR : SAEKI KAZUAKI;

INT.CL. : G05B 13/02 G05D 3/12 H01L 21/027
H01L 21/68

TITLE : STAGE CONTROL DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To execute highly precise control and to easily and stably attain stage control by means of a reverse system having no differential operation by executing control for setting up a transmission function from an objective function up to a control variable to '1' based upon a previously determined objective function and its derivative.

CONSTITUTION: A function generating means 31 generates an objective function X_T to be an object for the controlled variable of controlled system and the derivatives D_1 to D_n of the objective function and outputs them to an arithmetic means 32. The means 32 stores the characteristics of the controlled system as a calculation procedure and parameters and calculates a control input U_c for controlling the controlled system based upon the calculating procedure, the parameters and the functions X_T , D_1 to D_n . The parameters stored in the means 32 are updated in accordance with the status of the controlled system. Consequently the internal oscillation of the controlled system (stage) can be controlled, a positioning time can be shortened and positioning precision can be improved.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-143106

(43) 公開日 平成5年(1993)6月11日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 13/02		B 9131-3H		
G 0 5 D 3/12	3 0 5 V	9179-3H		
H 0 1 L 21/027				
21/68	F	8418-4M		
		7352-4M		
			H 0 1 L 21/30	3 1 1 L
			審査請求	未請求 請求項の数2(全12頁)

(21) 出願番号 特願平3-329925

(22) 出願日 平成3年(1991)11月19日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 佐伯 和明

東京都品川区西大井1丁目6番3号株式会

社ニコン大井製作所内

(74) 代理人 弁理士 田辺 恵基

(54) 【発明の名称】 ステージ制御装置

(57) 【要約】

【目的】 逆システムを用いたステージ制御装置を一段と容易かつ安定化して実現する。

【構成】 目標関数から制御量（ステージ位置）までの伝達関数を「1」とするような制御システムを構成することにより、制御量及び目標関数を一致させることができ、高精度なステージ制御を行うことができる。またリアルタイムな微分処理を行う必要のない逆システムを用いることにより、容易かつ安定なステージ制御を行うことができる。

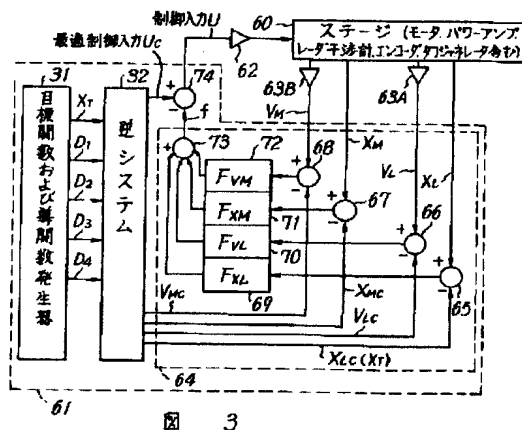


図 3

【特許請求の範囲】

【請求項1】 制御対象の制御量の目標となる目標関数及び当該目標関数の導関数を発生する関数発生手段と、制御対象の特性を計算手順及びパラメータとして保存し、当該計算手順及びパラメータ及び上記目標関数及び上記導関数に基づいて制御対象を制御するための制御入力を算出する演算手段とを具備することを特徴とするステージ制御装置。

【請求項2】 上記演算手段に保存されている上記パラメータを、制御対象の状態に応じて更新するようにしたことを特徴とする請求項1のステージ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【目次】以下の順序で本発明を説明する。

産業上の利用分野

従来の技術（図6）

発明が解決しようとする課題（図7及び図8）

課題を解決するための手段

作用

実施例

（1）実施例の原理（図1及び図2）

（2）第1実施例（図3）

（3）第2実施例（図4）

（4）第3実施例（図5）

（5）他の実施例

発明の効果

【0002】

【産業上の利用分野】 本発明はステージ制御装置に関し、例えば半導体集積回路を製造する際に用いられる投影露光装置のステージを移動制御するステージ制御装置に適用して好適なものである。

【0003】

【従来の技術】 従来、半導体集積回路の製造工程の1つとして、レチクルやフォトマスクの回路パターンを半導体ウエハ上に転写露光するフォトリソグラフィ工程がある。このフォトリソグラフィ工程に用いられる投影露光装置は、所定の駆動モータによるステツプアンドリピート方式でX、Y方向に2次元移動可能なステージを有し、当該ステージ上に載置されたウエハ上の1つの露光領域（シヨット領域）に対するレチクルの転写露光が終了すると、次のシヨット位置まで当該ステージを移動するようになされている。ステージの2次元的な位置は当該ステージの近傍に配置されたレーザ光波干涉測長器（干涉計）によつて、例えば0.01〔 μm 〕程度の分解能で常時検出され、ステージの端部には干涉計からのレーザビームを反射する移動鏡が固定されている。

【0004】 このように、同一のウエハに対してパターン露光を繰り返し実行することにより、現像及びエッチング処理が施されたウエハ上にはレチクルパターンがマトリックス上に形成されることになる。

【0005】 ここでステージを所定の位置に駆動するステージ制御装置として、逆システムを用いる方法が考えられている。この逆システムは制御対象としてのステージの目標となる位置を定め、当該目標位置に基づいて、ステージを駆動するためのモータへの入力信号（電圧）を生成しようとするものである。

【0006】 すなわち図6に示すように、ステージの目標とする位置（軌跡）を目標関数として定め、当該目標関数を1次微分器2において微分して得られるフィードフォワード信号FFと当該目標関数とを加算器3において加算する。この結果得られる制御信号U（モータの駆動電圧）を位置追従制御装置4（ステージを含む）に入力することにより、目標とする制御量（位置）を得ようとするものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、この種の逆システムにおいては制御量を目標関数に一致させることによつて正確な駆動軌跡を得ることができるが、図6の方法においては必ずしも一致するとは限らず、ステージを精度良く移動制御するにつき、不十分であつた。

【0008】 この問題点を解決するための1つの方法として、図7に示すように逆システム6及び制御対象7でなる伝達系において伝達関数が1となるような構成を用いるようにすれば、制御量を目標関数に一致させることができると考えられる。

【0009】 ところが一般に制御対象（ステージ）は入力信号に対して遅れて動作する遅れ系であることにより、この場合には逆システム6において微分操作が必要となり、一般に図8に示すような構成が考えられる。

【0010】 すなわちこの逆システム6は目標位置 X_i を所定の関数として入力すると、当該目標位置 X_i を微分器11において1回微分してステージ速度 V_i を得、さらにこれを続く微分器12において微分することによりステージ加速度 A_i を得る。このステージ加速度 A_i は続く乗算器13に入力されてステージ重量 J_i と乗算された後、加算器15に入力される。また微分器11から出力されたステージ速度 V_i は乗算器14においてステージ粘性抵抗 C_i と乗算され、この結果が加算器15に入力される。ここでステージ粘性抵抗 C_i とは、ステージを駆動する際の粘性摩擦によつて発生する抵抗を表す。

【0011】 かくして乗算器13及び14からの出力は加算器15において加算されることにより、モータ及び駆動対象の反作用力 T_i を得、これを続く乗算器16及び加算器25に入力する。乗算器16は、ステージ対モータ間のばね剛性 K_i の逆数を加算器15の出力に乗算し、その結果を続く加算器17に送出する。加算器17は目標位置を表す関数 X_i 及び乗算器16の出力を加算することによつてモータの回転位置 X_m を得、これを続く微分器18に入力する。微分器18は入力されたモータ

タの回転位置 X_r を1回微分することによりモータの回転速度 V_r を得、これを続く微分器19に入力する。微分器19は入力されたモータの回転速度 V_r を微分することによりモータの回転加速度 A_r を得、これを乗算器21に入力する。乗算器21はモータの回転加速度 A_r にモータのイナーシャ J_r を乗算した後、当該乗算結果を続く加算回路24に入力する。

【0012】また微分器18から出力されたモータの回転速度 V_r は乗算器22においてモータの粘性抵抗 C_r と乗算され、この結果が加算器24に入力される。従つて加算器24は乗算器21及び22からの出力を加算することによりモータのイナーシャを駆動するために必要なトルク(前向きトルク) T_r を得、これを続く加算器25に入力する。加算器25は前向きトルク T_r 及び加算器15から出力される反作用力 T_r をそれぞれ加算した後、この結果を続く乗算器26に入力する。乗算器26はモータの電機子抵抗 R_r をモータのトルク定数 K_r で除した結果に加算器25の出力を乗算し、この結果を続く加算器27に入力する。

【0013】また微分器18から出力されるモータの回転速度 V_r は乗算器23においてモータの逆起電圧定数 K_r と乗算され、この結果が加算器27に入力される。従つて加算器27においては、乗算器26及び23の出力をそれぞれ加算することにより、モータの最適制御入力(駆動電圧) U_c を得る。

【0014】以上のような構成の逆システムを用いることにより、遅れ系に対応した制御をすることができると考えられるが、この場合、ステージを移動制御するごとに微分操作をリアルタイムで実行するため計算方法が複雑になると共に、リアルタイムで入力される目標関数(X_i)によつては、これを微分した結果が発散して不連続になり、ステージ制御が不能となることがある。

【0015】本発明は以上の点を考慮してなされたもので、容易かつ安定してステージ制御をし得る逆システムを用いたステージ制御装置を提案しようとするものである*

$X_r = a(1 - 2t^5 - 3t^4 + 2t^3)$ (1)

によつて表される5次曲線を用いる。

※: $t \sim D_4$ は、それぞれ次式

【0021】この5次曲線(1)の1次～4次導関数 D ※

【数2】

$D_1 = 6a(t^4 - 2t^3 + t^2)$ (2)

【数3】

$D_2 = 12a(2t^3 - 3t^2 + t)$ (3)

【数4】

$D_3 = 12a(6t^2 - 6t + 1)$ (4)

【数5】

$D_4 = 12a(12t - 6)$ (5)

となり、逆システム計算器32は予め定められた上記 (1)式～(5)式を用いて逆システム計算を実行す

する。

【0016】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため第1の発明においては、制御対象60の制御量の目標となる目標関数 X_r 及び当該目標関数の導関数 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 を発生する関数発生手段31と、制御対象60の特性を計算手順及びパラメータ(J_r 、 C_r 、……)として保存し、当該計算手順及びパラメータ及び目標関数 X_r 及び導関数 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 に基づいて制御対象60を制御するための制御入力 U_c を算出する演算手段32とを備えるようにする。また第2の発明においては、演算手段32に保存されているパラメータ(J_r 、 C_r 、……)を、制御対象60の状態に応じて更新するようにする。

【0017】

【作用】目標関数 X_r から制御量までの伝達関数を1とするような制御をすることにより、高精度な制御を行うことができる。また微分操作のない逆システム32を構成したことにより、容易かつ安定に最適制御入力 U_c を得ることができる。

【0018】

【実施例】以下図面について、本発明の一実施例を詳述する。

【0019】(1)実施例の原理

図1は本発明による逆システムの全体構成を示し、ステージの目標位置 X_i を表す目標関数 X_r 及び当該目標関数 X_r の高次導関数 D_1 、 D_2 、…… D_4 を発生する目標関数及び導関数発生器31と、当該目標関数 X_r 及び当該目標関数 X_r の高次導関数 D_1 、 D_2 、…… D_4 からモータの最適制御入力(駆動電圧) U_c を算出する逆システム計算器32によつて構成される。

【0020】この実施例の場合、導関数として4次導関数 D_4 まで必要となることにより、目標関数 X_r としては、次式

【数1】

る。

* V_L 及びステージ加速度 A_L は、それぞれ次式

【0022】すなわちステージ位置 X_L 、ステージ速度*

【数6】

$$X_L = X_T \quad \dots\dots (6)$$

【数7】

$$V_L = D_1 \quad \dots\dots (7)$$

【数8】

$$A_L = D_2 \quad \dots\dots (8)$$

となる。また、モータ及び駆動対象となるステージ間の
反作用トルクは、次式 ※【数9】

$$T_R = J_L \cdot A_L + C_S \cdot V_L \quad \dots\dots (9)$$

であり、当該(9)式に(7)式及び(8)式を代入す
ると、次式 ★【数10】

$$T_R = J_L \cdot D_2 + C_S \cdot D_1 \quad \dots\dots (10)$$

を得る。一方、モータの回転位置 X_M は、次式 【数11】

$$X_M = (1/K_C) T_R + X_L \quad \dots\dots (11)$$

であるから、当該(11)式に(6)式及び(8)式を代
入し、整理すると、次式 ☆

$$X_M = (J_L/K_C) D_2 + (C_S/K_C) D_1 + X_T \quad \dots\dots (12)$$

となる。 ◆【数13】

【0023】ところで、モータの回転速度 V_M は、次式 ◆

$$V_M = d(X_M)/dt \quad \dots\dots (13)$$

であるから、(12)式より、次式 【数14】

$$V_M = (J_L/K_C) D_3 + (C_S/K_C) D_2 + D_1 \quad \dots\dots (14)$$

を得る。また、モータのイナーシャを加速するために必
要な前向きトルク T_F は、次式 *

$$T_F = J_M (d(V_M)/dt) + C_M \cdot V_M \quad \dots\dots (15)$$

であるから、当該(15)式に(14)式を代入すると、次
式 ※【数16】

$$\begin{aligned} T_F = & J_M \left((J_L/K_C) D_4 + (C_S/K_C) D_3 + D_2 \right) \\ & + C_M \left((J_L/K_C) D_3 + (C_S/K_C) D_2 + D_1 \right) \end{aligned} \quad \dots\dots (16)$$

となる。

★力(駆動電圧) U_c (計算値) は、次式

【0024】一方、モータを駆動するための最適制御入★40 【数17】

$$U_c = (R_M/K_T) (T_F + T_R) + K_E \cdot V_M \quad \dots\dots (17)$$

であるから、当該(17)式に(10)式、(14)式及び
(15)式を代入し、これにより次式 【数18】

$$\begin{aligned}
 U_c = & (R_M / K_T) (J_M ((J_L / K_C) D_4 + (C_S / K_C) D_3 + D_2) \\
 & + C_M ((J_L / K_C) D_3 + (C_S / K_C) D_2 + D_1) \\
 & + J_L \cdot D_2 + C_S \cdot D_1) + K_E \cdot ((J_L / K_C) \cdot D_3 \\
 & + (C_S / K_C) \cdot D_2 + D_1) \dots\dots (18)
 \end{aligned}$$

を得る。

【0025】このように、全ての計算はステージの物理定数と、目標関数 X_r 及びその連続(安定)した導関数を用いて実行されることにより、常に安定した計算結果(U_c)を得ることができる。

【0026】ここで図2は以上の計算を実行する逆システム計算器32の構成を示し、乗算器35は1次導関数 D_1 によつて表されるステージの速度 V_L にステージの粘性抵抗 C_s を乗算し、その結果を続く加算回路37に入力する。また乗算器36は2次導関数 D_2 によつて表されるステージの加速度 A_L にステージ重量 J_L を乗算し、その結果を加算器37に入力する。加算器37は乗算器35及び36の出力をそれぞれ加算することによりモータ及びステージ間の反作用トルク T_r を得、これを乗算器38及び加算器54に入力する。

【0027】乗算器38は反作用トルク T_r にステージ対モータ間のばね剛性 K_c の逆数を乗算し、その結果を続く加算器39に入力する。加算器39は乗算器38の出力及び目標関数 X_r (ステージの目標位置)を加算することによりモータの回転位置 X_M を得る。

【0028】また乗算器40は2次導関数 D_2 によつて表されるステージの加速度 A_L にステージの粘性抵抗 C_s を乗算し、その結果を続く乗算器43に入力する。乗算器43は乗算器40の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_c の逆数を乗算し、その結果を続く加算器44に入力する。また乗算器41は3次導関数 D_3 にステージ重量 J_L を乗算し、その結果を続く乗算器42に入力する。乗算器42は乗算器41の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_c の逆数を乗算し、その結果を続く加算器44に入力する。加算器44は乗算器42及び44からの出力と、1次導関数 D_1 を加算することによりモータの回転速度 V_M を得、これを乗算器45及び57にそれぞれ入力する。乗算器45はモータ速度 V_M にモータの粘性抵抗 C_M を乗算し、その結果を加算器53に入力する。

【0029】また乗算器47は3次導関数 D_3 にステージの粘性抵抗 C_s を乗算し、その結果を続く乗算器49に入力する。乗算器49は乗算器47の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_c の逆数を乗算し、その結果を続く加算器51に入力する。また乗算器46は4次導関数 D_4 にステージ重量 J_L を乗算し、その結果を続く乗

算器48に入力する。乗算器48は乗算器46の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_c の逆数を乗算し、その結果を続く加算器51に入力する。加算器51は乗算器48及び49からの出力と、2次導関数 D_2 を加算し、その結果を続く乗算器52に入力する。

【0030】乗算器52は加算器51の出力にモータのイナーシャ J_M を乗算し、その結果を続く加算器53に入力する。加算器53は乗算器52及び45の出力をそれぞれ加算することにより、モータのイナーシャを駆動するために必要な前向きトルク T_f を得、これを続く加算器54に入力する。加算器54は当該前向きトルク T_f 及び加算器37から出力される反作用トルク T_r を加算し、その結果を続く乗算器55に入力する。乗算器55は加算器54の出力に、モータの電機子抵抗 R_M をモータのトルク定数 K_T で除した結果を乗算し、その結果を加算器56に入力する。加算器56は乗算器55及び57の出力をそれぞれ加算することにより計算結果としての最適制御入力 U_c (モータに与えるべき駆動電圧)を得る。

【0031】このようにして算出された最適制御入力 U_c を用いて制御対象(ステージ)を駆動する。

【0032】(2)第1実施例

図3は本発明によるステージ制御装置の第1実施例を示し、逆システム32は目標関数及び導関数発生器31から出力される目標関数 X_r 及びその導関数 $D_1 \sim D_4$ に基づいてステージ駆動用モータの最適制御入力 U_c を算出し、これを加算器74に入力する。

【0033】加算器74は状態フィードバック追従制御装置64から出力されるフィードバック量 f 及び最適制御入力 U_c の差分を算出することによつて駆動すべきステージの実際の状態に応じたモータの制御入力 U を得、これを続くデジタルアナログ変換器62を介してアナログ変換し、ステージ60に入力する。ステージ60は制御入力 U によつてモータが駆動され、所定の位置に移動制御される。

【0034】ここでステージの状態はレーザ干渉計によつてその位置 X_L 及び移動速度 V_L が常時検出され、さらにモータの状態は当該モータに設けられたエンコーダによつてその回転位置 X_M 、タコジェネレータによつてその回転速度 V_M が検出される。

【0035】この検出結果のうち、デジタル出力であ

る X_L 、 X_M は直接出力され、またアナログ出力である V_L 、 V_M はそれぞれアナログデジタル変換器63A、63Bによつてデジタル変換され、加算器65、66、67、68に入力される。

【0036】加算器65は検出された実際のステージ位置 X_L と逆システム32において算出されたステージ位置 X_{Lc} （ここでは X_r そのもの）との差分を求め、その結果を続く乗算器69に入力しフィードバック定数 F_{L1} を乗算する。また加算器66は検出された実際のステージ速度 V_L と逆システム32において算出されたステージ速度 V_{Lc} との差分を求め、その結果を続く乗算器70に入力しフィードバック定数 F_{V1} を乗算する。また加算器67は検出された実際のモータ回転位置 X_M と逆システム32において算出されたモータ回転位置 X_{Mc} との差分を求め、その結果を続く乗算器71に入力しフィードバック定数 F_{M1} を乗算する。また加算器68は検出された実際のモータ回転速度 V_M と逆システム32において算出されたモータ回転速度 V_{Mc} との差分を求め、その結果を続く乗算器72に入力しフィードバック定数 F_{V2} を乗算する。

【0037】乗算器69、70、71、72の出力は加算器73において加算されることにより、フィードバック量 f を得る。さらに加算器74においてフィードバック量 f と逆システム32から出力された最適制御入力 U_c との差分を求め、実際のステージ状態に応じたモータの制御入力 U を得る。

【0038】ここで目標関数及び導関数発生器31、逆システム32、状態フィードバック追従制御装置64はデジタル計算機61として構成される。

【0039】以上の構成において、等間隔に時刻 t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 、…… t_i 、…… t_n が経過する場合の時刻 t_i のステージ制御動作を説明する。

【0040】目標関数及び導関数発生器31は時刻 t_i において予め与えられている上述の(1)式～(4)式から当該時刻 t_i の目標関数 X_r 及び導関数 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 を算出し、これを用いて図2に示す計算を実行することにより、最適制御入力 U_c を求める。

【0041】一方時刻 t_i におけるステージ位置 X_L 、ステージ速度 V_L 、モータ回転位置 X_M 、モータ回転速度 V_M の実測値に基づいてフィードバック量 f が求められる。このフィードバック量 f 及び最適制御入力 U_c によつて制御入力 U が得られ、これに応じて当該時刻 t_i におけるステージ制御を実行する。このような動作を時刻 t_0 から位置決めが終了する時刻 t_n まで順次実行することにより、一連のステージ制御動作を完結する。

【0042】このようなステージ制御動作においては、目標関数 X_r 及び導関数 D_1 ～ D_4 が予め定められていることにより、各時刻においてその都度目標関数を設定する必要がなく、さらにその都度微分を行う必要もない。従つて計算の複雑化を回避し得ると共に微分をする

ことにより発生する不安定状態を未然に回避することができる。

【0043】従つて以上の構成によれば、リアルタイムで微分を行う必要のない逆システム32を用いたことにより、制御量及び目標関数 X_r を一致させたステージ制御を安定して行うことができる。

【0044】(3)第2実施例

図3との対応部分に同一符号を付して示す図4は本発明によるステージ制御装置の第2実施例を示し、ステージ60から検出されるステージ位置 X_L 、ステージ速度 V_L 、ステージ加速度 A_L （加速度計の出力をアナログデジタル変換器63Cを介して出力される）、モータ回転位置 X_M をパラメータ調節器80に入力する。

【0045】パラメータ調節器80においては、モータ回転位置 X_M 及びステージ位置 X_L を減算器81に入力してその差分を求め、その結果を続く乗算器82に入力する。乗算器82は減算器81の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_c を乗算し、その結果を続く減算器84に入力する。またステージ速度 V_L は乗算器83においてステージの粘性抵抗 C_s と乗算され、その結果が減算器84に入力される。従つて乗算器82及び83からの出力はそれぞれ減算器84において減算され、その結果得られるステージの駆動力 F_L は続く割算器85に入力される。割算器85はステージの駆動力 F_L をステージの加速度 A_L で割算することによりステージ重量 J_L を得る。この値は実際のステージの状態を検出した結果得られた値であり、これを逆システム32に入力して、それまで保存していたステージ重量 J_L の値を新たに求められた値 J_L に置き換え、以後当該ステージ重量 J_L を逆システム計算（図2）に用いる。

【0046】以上の構成において、ステージ重量が変化するとパラメータ調節器80において新たなステージ重量 J_L が算出され、逆システム32のステージ重量が新たに更新される。従つて逆システム32において最適制御入力 U_c を算出するにつき、常に実際のステージ重量に基づいた計算が行われることにより、実際のステージ状態に応じた最適制御入力 U_c を得ることができる。

【0047】従つて以上の構成によれば、ステージ重量が変化する場合においても精度良くステージを駆動制御することができる。

【0048】また逆システム32に保存されているステージ重量を更新するだけで、当該逆システム32の再設計ができることにより、種々のステージ制御系の開発を一段と容易化することができる。

【0049】(4)第3実施例

図3との対応部分に同一符号を付して示す図5は本発明によるステージ制御装置の第3実施例を示し、ステージ60から検出されるステージ位置 X_L 、ステージ速度 V_L 、ステージ加速度 A_L 、モータ回転位置 X_M をパラメータ調節器80に入力する。

【0050】パラメータ調節器80においては、モータ回転位置 X_M 及びステージ位置 X_L を減算器91に入力してその差分を求め、その結果を続く乗算器92に入力する。乗算器92は減算器91の出力にステージ対モータ間のばね剛性 K_C を乗算し、その結果を続く減算器93に入力する。またステージ加速度 A_L は乗算器94においてステージ重量 J_L と乗算され、その結果が減算器93に入力される。従つて乗算器92及び94からの出力はそれぞれ減算器93において減算され、その結果得られるステージの駆動力 F_L は続く割算器95に入力される。割算器95はステージの駆動力 F_L をステージ速度 V_L で割算することによりステージの粘性抵抗 C_s を得る。この値は実際のステージの状態を検出した結果得られた値であり、これを逆システム32に入力してそれまで保存していたステージの粘性抵抗 C_s を新たに求められた値 C_s に置き換え、以後当該ステージの粘性抵抗 C_s を逆システム計算(図2)に用いる。

【0051】以上の構成において、ステージの粘性抵抗が変化するとパラメータ調節器90において新たなステージの粘性抵抗 C_s が算出され、逆システム32のステージの粘性抵抗 C_s が新たに更新される。従つて逆システム32において最適制御入力 U_c を算出するにつき、常に実際のステージの粘性抵抗に基づいた計算が行われることにより、実際のステージ状態に応じた最適制御入力 U_c を得ることができる。

【0052】従つて以上の構成によれば、ステージの粘性抵抗が変化する場合においても精度良くステージを駆動制御することができる。

【0053】また逆システム32に保存されているステージの粘性抵抗を更新するだけで、当該逆システム32の再設計ができることにより、種々のステージ制御系の開発を一段と容易化することができる。

【0054】(5) 他の実施例

なお上述の実施例においては、目標関数 X_T として(1)式に示す関数を用いた場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は逆システム以上の次数を持ちかつ高次導関数が安定な関数であれば良い。

【0055】また上述の実施例においては、パラメータ調節器として実際のステージ重量を求める場合及び実際のステージ粘性抵抗を求める場合について述べたが、本発明はこれに限らず、逆システム32内に保存されている他の種々のパラメータの実際の値を求めるようにしても良い。

【0056】また上述の実施例においては、本発明をステージ位置を制御する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、制御量及び目標関数を一致させることが

できることによりステージの軌道制御においても本発明を適用することができる。

【0057】また上述の実施例においては、本発明を半導体露光装置のステージ制御装置に適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、他の種々のステージを制御する際に広く適用することができる。

【0058】

【発明の効果】上述のように本発明によれば、制御量(ステージ位置)及び目標関数を一致させることができることにより、ステージ内部の振動を抑えた制御をすることができる。従つて位置決め時間を短縮し得ると共に位置決め精度を向上し得る。また微分操作をすることなく逆システムを実現できることにより、計算を簡単かつ安定化することができる。かくするにつき一段と容易かつ安定した制御を高精度で行うことができるステージ制御装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるステージ制御装置に用いられる逆システムを示すブロック図である。

【図2】本発明による逆システムの構成を示すブロック図である。

【図3】第1実施例によるステージ制御装置の全体構成を示すブロック図である。

【図4】第2実施例によるステージ制御装置の全体構成を示すブロック図である。

【図5】第3実施例によるステージ制御装置の全体構成を示すブロック図である。

【図6】従来のステージ制御装置を示すブロック図である。

【図7】逆システムを用いた制御装置の概略を示すブロック図である。

【図8】逆システムの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

X_T ……目標関数、 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 ……導関数、 X_L ……ステージ位置、 V_L ……ステージ速度、 A_L ……ステージ加速度、 X_M ……モータ回転位置、 V_M ……モータ回転速度、 J_L ……ステージ重量、 C_s ……ステージの粘性抵抗、 K_C ……ステージ対モータ間のばね剛性、 J_M ……モータのイナーシャ、 C_M ……モータの粘性抵抗、 K_E ……逆起電圧定数、 R_M ……モータの電機子抵抗、 K_T ……モータのトルク定数、 U_c ……計算による最適制御入力、 U ……制御入力、(ステージ系パラメータ X_T 、 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 X_L 、 V_L 、 A_L 、 J_L 、 C_s は、全て直線運動を回転運動に変換後の値を用いている。)

【図1】

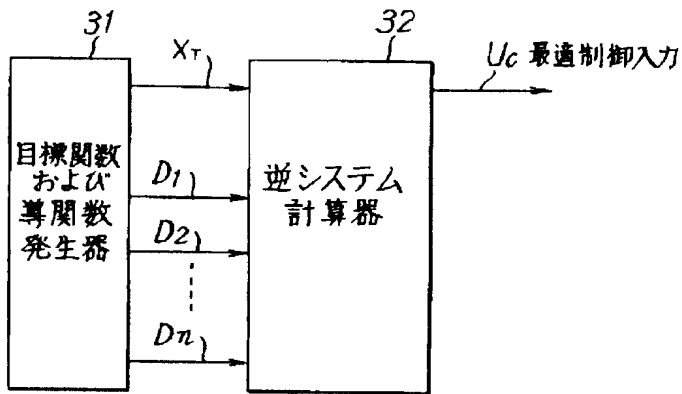


図 1

【図3】

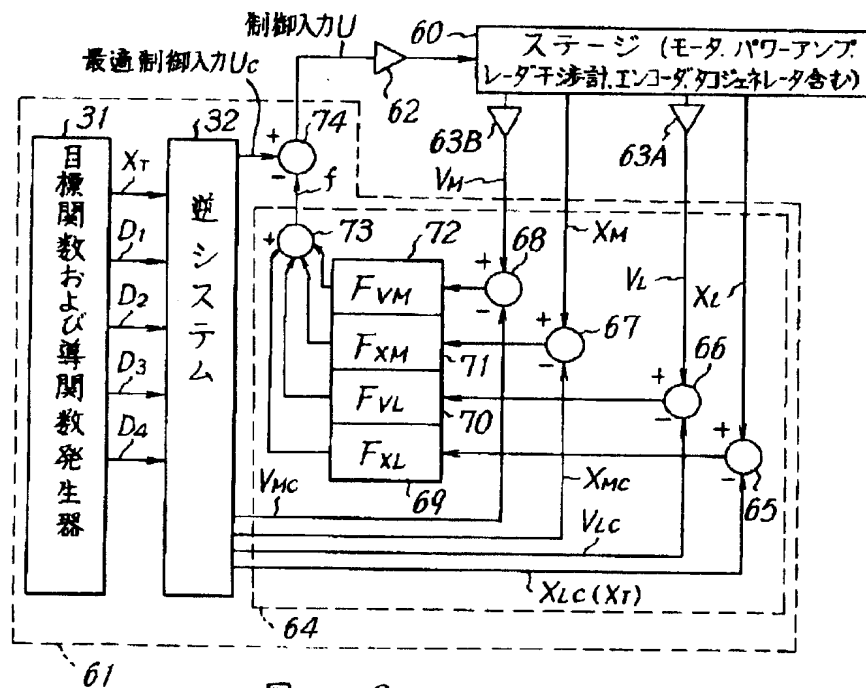


図 3

【図2】

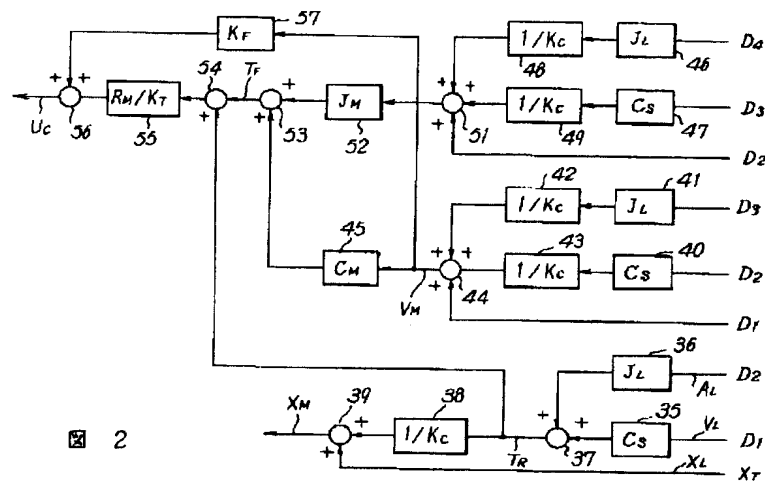


図 2

【図6】

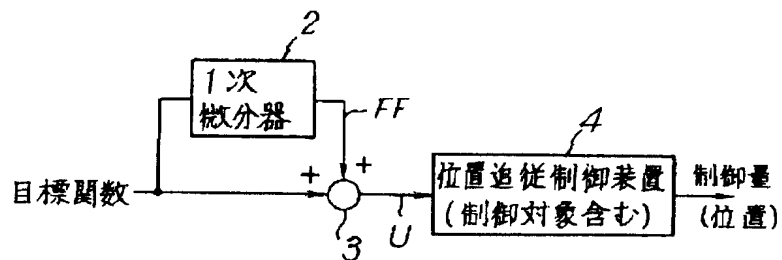


図 6

【図7】

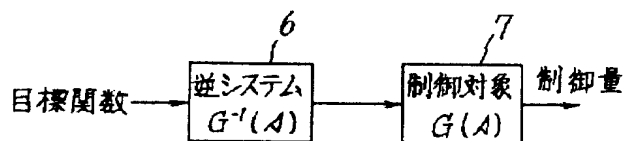


図 7

4

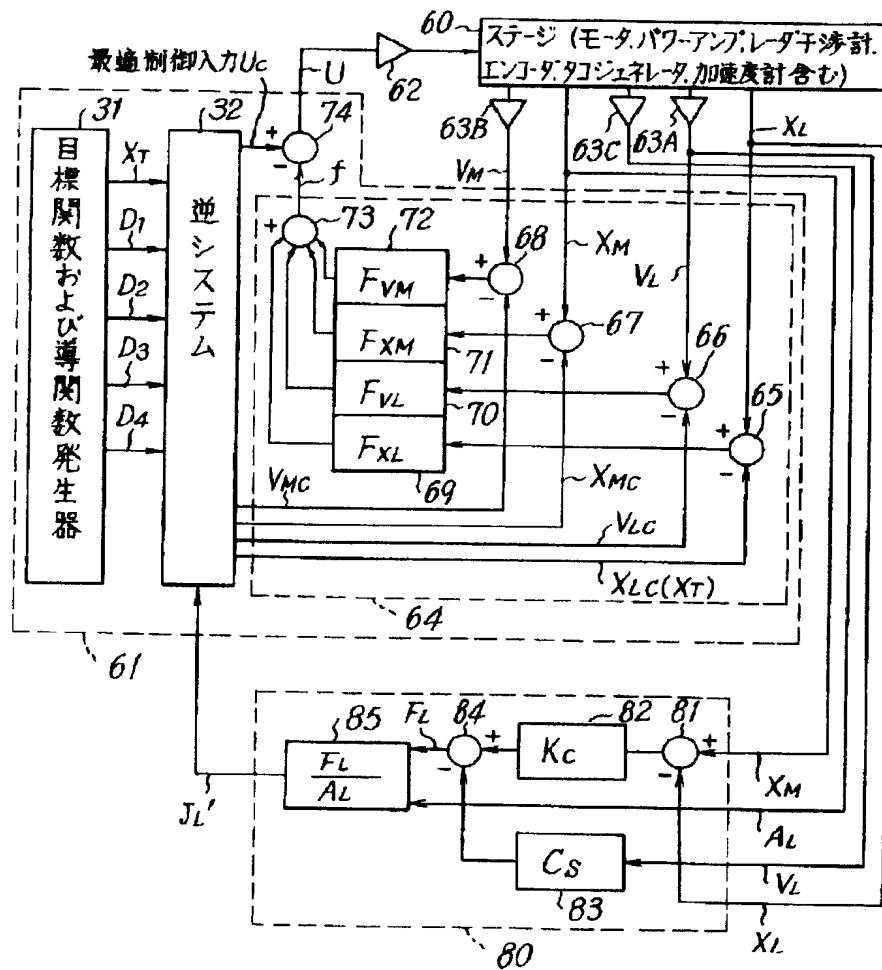


圖 5



【図8】

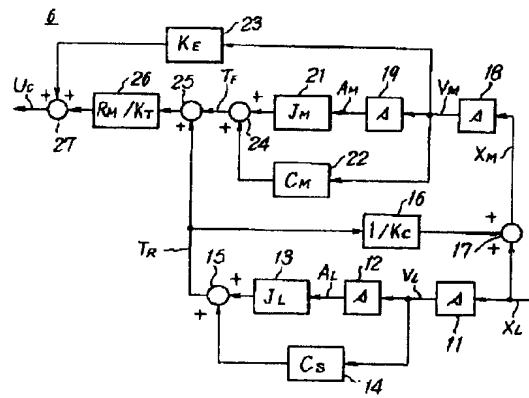


図 8